Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 583-593

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۵۹۳-۵۸۳

مقاله پژوهشی

بررسی ویژگی‌های کیفی، بافتی و حسی پنیر سفید ایرانی کم‌چرب حاوی مخلوط صمغ دانه ریحان با زانتان و گوار

محمدعلی حصاری‌نژاد[1]*- عاطفه عارفخانی[2]- علی رافع[3]- فاطمه جاویدی[4]- علیرضا صادقیان[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶

چکیده

به علت روند رو به رشد تقاضا برای ترکیبات طبیعی و با سازگاری زیستی، کاربرد هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی درحال افزایش است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هیدروکلوئیدها به شدت به وزن مولکولی و ساختار شیمیایی آن وابسته است. اثر استفاده از مخلوط هیدروکلوئیدهای صمغ دانه ریحان با زانتان و گوار بر ویژگی‌های کیفی، بافتی و حسی پنیر سفید ایرانی کم‌چرب مورد بررسی قرارگرفت. در این پژوهش آزمایشگاهی نمونه‌های پنیر سفید ایرانی با غلظت‌های متفاوت مخلوط هیدروکلوئید (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم شیر) در سه تکرار تهیه گردید تا اثر آن بر ویژگی‌های بافتی و کیفی فراورده بررسی شود. آزمون‌های مورد بررسی شامل رطوبت، چربی، پروتئین، pH، ارزیابی حسی و ویژگی‌های بافتی بود. نتایج نشان داد که افزایش غلظت مخلوط حاوی صمغ گوار در تمام نمونه‌ها تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های کیفی گذاشت به‌طوری که توسط ارزیابان حسی نامطلوب معرفی شد. ضمن اینکه از لحاظ بافتی نیز بسیار نرم بود و بافت جامد خود را تا حدی از دست داد. نمونه‌های حاوی صمغ زانتان دارای ویژگی‌های بافتی مناسب بودند. نتایج ارزیابی ویژگی‌های کیفی، بافتی و حسی نشان داد با استفاده از ۰/۰۷۵ درصد مخلوط صمغ دانه ریحان- زانتان در فرمولاسیون پنیر سفید ایرانی می‌توان پنیری با خواص حسی مطلوب و قابل پذیرش برای مصرف‌کنندگان تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: پنیر سفید ایرانی، صمغ دانه ریحان، زانتان، گوار، ویژگی‌های کیفی.

مقدمه

حفظ کیفیت بافتی و حسی پنیرسفید ایرانی هنگام کاهش محتوای چربی آن یکی از مهمترین موارد مورد بررسی می‌باشد که هم از نظر تکنولوژیکی و هم از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. در این بین کنترل میزان جذب آب در پنیر، معمولا مشکلات بافتی در پنیر ایجاد می‌کند که از آن جمله نرمی بافت پنیر می‌باشد. بنابراین در صورتی که بتوان میزان جذب آب در پنیر را به‌گونه‌ای کنترل کرد که در بافت پنیر حاصله تغییری حاصل نشود و حتی کیفیت آن بهتر گردد، این مشکل حل خواهد شد. در حال حاضر تقاضا برای استفاده از ترکیبات یا روش‌هایی جهت رسیدن به این هدف رو به افزایش است. هیدروکلوئیدها ترکیباتی هستند که به‌واسطه ویژگی ذاتی آن‌ها در جذب آب و ایجاد احساس دهانی مشابه چربی می‌توانند تاثیر به‌خصوصی در جایگزینی چربی داشته باشند. بنابراین ایجاد فرمول مناسب در ترکیب هیدروکلوئیدها می‌تواند به صورت مکمل باعث ارتقاء کیفی بافت پنیر کم چرب باشد.

صمغ دانه ریحان یک هیدروکلوئید بومی بوده که خصوصیات پایدار کنندگی و امولسیفایری امیدوار کننده‌ای را از خود نشان داده است که آن را به‌عنوان یک ماده عملکردی بالقوه در صنعت غذا تبدیل کرده است (Hosseini-Parvar, Matia-Merino, & Golding, 2015). ترکیب شیمیایی صمغ دانه ریحان از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: یک هسته گالاکتومانان پایدار در اسید (۴۳درصد) با نسبت گلوکز به مانوز ۱۰:۲، و یک زایلان متصل به آن (۲۴/۲۹درصد) شامل زنجیره‌های با بخش اسیدی در قسمت محلول در اسید. به علاوه، جزء کوچکی گلوکان (۲/۳۱درصد). گالاکتومانان بخش هیدروفوب و زایلان مسئول رفتار هیدروفوب آن است. ترکیب هیدروکلوئیدها در ساختار پنیر به‌طور واضح تغییرات بین پروتئین‌ها را

۱ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانشیار، گروه فراوری موادغذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۲- مدیر کنترل کیفیت، شرکت فرآورده‌های لبنی بینالود، کیلومتر ۲۱ جاده نیشابور- مشهد، نیشابور
۴- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: ma.hesarinejad@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i4.39181

تغییر می‌دهد (Baghdadi, Aminifar, Farhoodi, & Shojaee, 2018). برهمکنش صمغ دانه ریحان و پروتئین‌های شیر در دیسپرسیون، امولسیون روغن در آب و سیستم‌های ژلی اثرات سینرژیستی را نشان داده است. این برهمکنش‌ها یک شبکه ژلی ضعیف را در کل سیستم تشکیل می‌دهد و بنابراین سیستم را پایدار می‌سازد. همچنین گزارش شده است که زنجیره‌های صمغ دانه ریحان می‌تواند شبکه وب را درون ماتریس پروتئین ایجاد کند و منجر به کاهش مقدار سینرسیس و هیسترسیس و به همان اندازه افزایش قوام در ماست کم‌چرب شود. با استفاده از این صمغ در فرمولاسیون پنیر پروسس مشاهده شده است که با افزایش سطح صمغ دانه ریحان رفتار الاستیک‌تری در ساختار پنیر مشاهده می‌شود. افزودن صمغ دانه ریحان اثر بیشتری روی ذوب‌پذیری پنیر پروسس در مقایسه با افزودن پروتئین داشته است. نتایج نشان داد که زنجیره‌های صمغ دانه ریحان می‌تواند یک شبکه وب را در سراسر ماتریس پروتئین پنیر پروسس ایجاد کند و شبکه ایجاد شده توسط رشته‌های کازئین را تقویت کند. می‌توان نتیجه گرفت که با افزودن صمغ دانه ریحان، می‌توان پنیرهای پروسس با قوام بیشتر، اما با ذوب پذیری کمتر و با هزینه پایین‌تر به علت پروتئین پایین و رطوبت بالاتر تولید نمود (Hosseini-Parvar *et al.*, 2015).

گالاکتومانان ها مجموعه ای متشکل از زنجیره خطی (۴-۱)D مانان با مقادیر مختلفی از D گالاکتوز می‌باشند. مقادیر زیاد گالاکتوز در حدود ۲۰-۴۰ درصد مانع از انسجام قوی زنجیره اصلی می‌شود، به‌طوری که هیچ منطقه گسترده کریستالی نمی‌تواند تشکیل شود. بنابر این آب می‌تواند در دمای اتاق یا دمای بالاتر برای هیدراته یا انحلال صمغ‌ها به آسانی بین مولکول ها نفوذ کند. صمغ گوار شامل گالاکتومانان‌هایی با ۴۰- ۳۳ درصد وزنی گالاکتوز، محلول در آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. گالاکتومانان های صمغ گوار غیریونی هستند (Wielinga, 2000).

صمغ زانتان یک اگزوپلی‌ساکارید طبیعی با وزن مولکولی بالا می‌باشد که توسط *زانتاموناس کامپستریس* تحت شرایط نامطلوب سنتز می‌شود. این صمغ در مواد غذایی به‌عنوان یک قوام‌دهنده، پایدارکننده و امولسیفایرکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند در کنار دیگر صمغ‌ها نقش ژل‌دهندگی داشته باشد (Salari *et al.*, 2017). اخیرا در تحقیقی صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز به پنیر خامه‌ای اضافه شده است و نتایج خصوصیات حسی شامل بافت، طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی نشان داده است که افزودن زانتان و کربوکسی متیل سلولز اثر معنی‌داری روی ویژگی‌های ارگانولپتیکی پنیر خامه‌ای نداشته است و پذیرش کلی محصول خوب بوده است. همچنین سطوح پایین‌تر زانتان در ترکیب با سطوح مختلف CMC از همه نمونه‌ها قابل پذیرش‌تر بوده است (Salari *et al.*, 2017). همچنین اثر صمغ زانتان به‌عنوان جایگزین چربی روی کیفیت پنیر موزارلا کم چرب مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان داده است که استفاده از صمغ زانتان در سطح ۰/۱۵درصد به‌عنوان جانشین چربی می‌تواند در صنعت پنیر موثر واقع شود و چربی پنیر موزارلا بدون تضعیف کیفیت آن کاهش یابد (Sattar, Sameen, Huma, & Shahid, 2016). زانتان و گالاکتومانان‌ها زمانی که به تنهایی استفاده می‌شوند تشکیل ژل نمی‌دهند، اما با یکدیگر، به علت واکنش‌های هم‌افزایی تشکیل ژل می‌دهند. مخلوط زانتان و گالاکتومانان یکی از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین سیستم‌های ژلی هم‌افزای مطالعه شده می‌باشد. زانتان تعاملات هم‌افزایی بسیار چشمگیری با پلی‌ساکاریدهای غیرژل‌دهنده خانواده گالاکتومانان‌ها نشان می‌دهد که منجر به افزایش ویسکوزیته و تشکیل ژل می‌شود. تعامل زانتان با گالاکتومانان‌ها بستگی به نسبت مخلوط، pH و محیط یونی دارد. به‌طور کلی تعاملات هم‌افزایی با گالاکتومانان‌ها در حداکثر مقدار خود در آب غیریونیزه و pH خنثی می‌باشد و در غلظت نمک بالا و pH پائین کاهش می‌یابد (Saha & Bhattacharya, 2010). پیشتر تاثیر به‌کارگیری صمغ زانتان در تولید پنیر سفید کم‌چرب ایرانی بعد از طی ۶۰ روز دوره رسیدگی در آب نمک مورد مطالعه قرار گرفته است (Ghanbari Shendi *et al.*, 2011). نتایج حاکی از آن بود که با افزایش غلظت زانتان در پنیرهای بدون چربی، درصد جزء پروتئینی کاهش پیدا کرد، که دلیل آن افزایش میزان رطوبت پنیر به دلیل ویژگی آب‌دوستی زانتان می‌باشد و نشان‌دهنده کاهش میزان آب‌اندازی در طول ساخت پنیر بود.

رحیمی و همکاران (۲۰۰۷) نیز تاثیر به‌کارگیری صمغ کتیرا بر خواص رئولوژیکی و حسی پنیر ایرانی کم‌چرب را مورد بررسی قرار دادند. کاهش مقدار چربی تاثیر منفی بر راندمان پنیر، خواص حسی و بافت پنیر داشته و افزایش غلظت صمغ کتیرا منجر به کاهش این پارامترها و افزایش سفیدی پنیرها شد. ناطقی (۲۰۲۰) نیز استفاده از صمغ‌های ریحان و زانتان در غلظت‌های (۰/۰۱، ۰/۰۳ و ۰/۰۵ درصد) را به‌طور جداگانه به‌عنوان جایگزین چربی در پنیر سفید ایرانی مورد بررسی قرار داد. مطابق نتایج این پژوهش، استفاده از این هیدروکلوئیدها در پنیر منجر به کاهش قابلیت جویدن، سختی، چسبندگی، قابلیت ارتجاعی، پیوستگی و صمغی بودن در مقایسه با نمونه شاهد شد. اما هنوز نمی‌توان آن را جایگزین مناسبی که بتواند نقش چربی را به‌عنوان یک بافت‌دهنده و طعم‌دهنده مناسب ایفا کند، عنوان کرد. بنابراین در این پژوهش با ایجاد فرمولاسیون مناسب در استفاده از این هیدروکلوئیدها سعی ارتقاء بافت پنیر می‌گردد تا به این طریق یکی از عیوب صنعت پنیرسازی که تغییرات بافتی در فصول گرم و سرد سال می‌باشد برطرف گردد.

مواد و روش‌ها

شیرخام با میزان چربی ۱/۵ درصد از کارخانه فـراورده‌هـای لبنـی مشـهد خریـداری شـد. صـمغ دانـه ریحـان مطـابق روش رضـوی و همکاران در شرایط بهینه دمای ۶۸ درجه سانتی‌گـراد، pH برابـر ۸ و نسبت آب به دانه ۱:۶۶ اسـتخراج صـورت گرفـت (Razavi *et al.*, 2009) و صمغ استخراج شده توسـط دسـتگاه خشـک‌کـن انجمـادی خشک شد. دو هیدروکلوئید زانتان و گوار نیز از شـرکت Modernist Pantry, Eliot (امریکـا) مـورد اسـتفاده قرارگرفـت. جهـت تهیـه نمونه‌های پنیـر از مایـه کشـت white daily 41 حـاوی گونـه‌هـای مزوفیل و ترموفیل، و انعقادگر رنت اسـتاندارد Chy-max (کریسـتین هنسن، دانمارک) استفاده شد. تمامی موادشـیمیایی مـورد اسـتفاده در این پژوهش با درجه خلوص بـالا از شـرکت مـرک آلمـان خریـداری شدند.

روند تولید پنیر

در ابتدا شیر خـام بـا هیدروکلوئیـدهای مصـرفی بـه‌طـور کامـل یکنواخت مخلوط گردید، سپس، در دمای ۶۵ درجـه سـانتی‌گـراد بـه مدت ۲۵ دقیقه پاستوریزه شد. شیر پاستور شـده تـا دمـای ۳۰ درجـه سانتیگراد سرد شده و بـه آن اسـتارتر لاکتیکـی ترموفیـل و مزوفیـل همراه با ۱۵ گرم در ۱۰۰ لیتر کلرور کلسیم اضافه می‌شود و حدود ۱۵ دقیقه در این دما نگهداری می‌شود. آنگاه، مایه پنیـر بـه میـزان ۰/۰۵ درصد به مخلوط افزوده و به‌خوبی هم زده می‌شـود و بـه آن فرصـت داده تا دلمه پنیر ایجاد شود (۱۵ تا ۲۰ دقیقه). وقتـی دلمـه تشـکیل شد برش‌هایی مکعبی با ابعاد ۱×۱ در دلمـه زده شـده و فرصـت داده می‌شود تا فرایند آب‌اندازی کامل گردد. سپس آب پنیر خارج و مقـدار آن توزین می‌گردد. دلمه در توری پارچه‌ای تخلیه و توسط وزنـه‌هـای مشخص (وزنه ۱/۵ برابر وزن دلمه می‌باشد) به مدت ۱ ساعت پـرس انجام می‌شود. در نهایت، پنیر وزن شده و در آب نمک ۱۰ درصـد بـا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود و آنگـاه نمونـه‌هـا سـرد می‌شوند. لازم به ذکر است pH نمونه‌های پنیر به ۵/۵ رسانده شـد و سپس سردخانه‌گذاری صورت گرفت.

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

راندمان تولید پنیر به صورت نسبت وزنی پنیر تولیدی به شیر خام اولیـه محاسـبه و بـه صـورت درصـد بیـان گردیـد. آزمـون‌هـای فیزیکوشیمیایی شیر و پنیر شامل رطوبت، چربی، پـروتئین کـل و pH، به شرح زیر روی نمونه‌ها انجام گرفت. اندازه‌گیری رطوبت با اسـتفاده از آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد (استاندارد ملـی ایـران، ۱۷۵۳)، چربی به روش ژربر (استاندارد ملی ایـران، ۷۶۰) و پـروتئین بـه روش کلدال (استاندارد ملی ایران، ۱–۹۱۸۸) اندازه‌گیری شد. pH با استفاده از دستگاه pHمتر (متروهم، ۹۱۳، سوئیس) و بر اساس استاندارد ملـی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام گردید.

تعیین رنگ

رنگ سطح نمونه‌ها با استفاده از رنگ‌سـنج (Konica Minolta، CR-410، ژاپن) که مجهز به یک منبع نوری (با ۲ مشاهده‌گر) بود در سه تکرار انـدازه‌گیـری شـد. رنـگ‌سـنج توسـط یـک کاشـی سـفید (L*=۹۸/۱۴، a*=-۰/۲۳ و b*=۱/۸۹) استانداردسازی و رنگ توسط تناسب بین سه پارامتر روشنایی (L*± سفید تا سـیاه)، قرمـزی (a*± قرمـــز تـــا ســـبز) و زردی (b*± زرد تـــا آبـــی)، توصـــیف گردیـــد (Hesarinejad *et al.*, 2020).

بافت‌سنجی نمونه‌های پنیر

با انجام TPA، ویژگی‌های حسی نظیر صمغی بودن، چسبندگی و مانند آن را می‌توان تعیین نمود. برای به‌دست آوردن نتایج TPA می‌توان از دستگاه تجزیه و تحلیل بافت استفاده نمود. منحنی نیرو که به‌عنوان تابعی از زمان ایجاد می‌شود، موسوم به پروفایل بافت است. از آنجایی که دستگاه باعث فشرده شدن نمونه به میزان دو بار می‌شود، دو منحنی مثبت و منفی به‌دست می‌آید (Aghdaei *et al.*, 2011). از مقادیر حداکثر نیرو و سطح زیر منحنی‌ها برای تعیین ویژگی‌های مختلف نمونه‌های غذایی نظیر قابلیت ترک‌خوردگی، سختی، انسجام، چسبندگی، قابلیت ارتجاعی، صمغی بودن و قابلیت جویدن استفاده می‌شود (Aghdaei *et al.*, 2011). از این رو پارامترهای بافت پنیر تولید شده با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (TA.XTplus , Stable micro system، انگلستان) روی نمونه‌ها (مربعی شکل در ابعاد ۲۰×۲۰میلی‌متر و ضخامت حدود ۳ میلی‌متر) در دمای اتاق انجام گرفت. پروب مورد استفاده برای آزمون TPA از نوع استوانه‌ای و به قطر ۲۵ میلی‌متر بود. نمونه‌ها به میزان ۵۰ درصد ارتفاع اولیه‌شان با سرعت فشردگی ثابت ۰/۵ mm/s فشرده شدند.

ارزیابی حسی

در ارزیابی حسی، به‌منظور اندازه‌گیری پتانسیل پذیرش پنیر تولیدی، بر مبنای مشتری پسندی آزمون گردید. بدین منظور از ده ارزیاب آموزش دیده از شامل دانشجویان در محدوده سنی ۲۵ تا ۳۵ سال درخواست شد تا محصول را بر مبنای مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵- بسیارخوب، ۴- خوب، ۳- نه خوب، نه بد (متوسط)، ۲- بد، ۱- بسیار بد) از دیدگاه ظاهر، بافت، طعم و پذیرش کلی ارزیابی نمایند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های ساختمانی (SEM)

نمونه پنیر (۱×۱×۲ mm) در محلول ۲/۵درصد گلوتار آلدئید به همراه ۱/۵درصد پارافرم آلدئید در بافر cacodylate ۰/۱ مولار به مدت ۲۴ ساعت تثبیت شد، سپس آب‌کشی و در محلول ۱درصد تترا اکسید اسمیوم به مدت ۶۰ دقیقه تثبیت شد. به‌منظور نفوذ بهتر محلول تثبیت‌کننده در نمونه ژل، خلاء به مدت یک ساعت در مرحله تثبیت به‌کار گرفته می‌شود. آب‌گیری در یک سری از محلول‌های اتانول کاهشی انجام می‌گیرد. نمونه در نقطه بحرانی خشک می‌شود، با ۳۰ nm از طلا/پالادیم پوشش داده و در حداکثر ولتاژ ۱۵ kV با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM مدل LeQ1450vp آزمون گردید. حداقل پنج تصویر در هر یک از بزرگنمایی‌ها در ۱۰–۱۵ ناحیه مختلف از نمونه تهیه گردید (Rafe *et al.*, 2013).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش تیمارهای حاوی مخلوط هیدروکلوئیدهای ریحان/ زانتان و ریحان/ گوار با غلظت‌های متفاوت مخلوط هیدروکلوئید (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم شیر) و تیمار شاهد فاقد صمغ در سه تکرار تولید شدند. به‌منظور آنالیز آماری داده‌های حاصل، بعد از آنالیز واریانس، برای تعیین اختلاف میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۲ انجام گرفت. برای رسم منحنی ها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 استفاده شد. تمام آزمون‌ها حداقل با سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر استفاده شده و نمونه‌های پنیر تولیدی در جدول ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین در رطوبت نهایی فراورده در پنیرهای تولیدشده با مصرف مخلوط هیدروکلوئیدی در نسبت‌های مختلف نشان می‌دهد که با مصرف غلظت‌های مختلف این هیدروکلوئیدها، تفاوت معنی‌داری در محتوای رطوبت نمونه پنیرهای تولیدی مشاهده می‌شود ($p<0.05$). مطابق جدول ۱ افزایش غلظت هیدروکلوئیدها از ۰/۰۲۵ به ۰/۰۷۵ درصد باعث افزایش میزان رطوبت نمونه‌های پنیر شده است. درصد رطوبت نمونه شاهد کمتر از سایر نمونه‌ها بوده که دلیل آن را عدم وجود هیدروکلوئید در این تیمار می توان بیان کرد. تفاوت بین میزان رطوبت پنیرهای تولیدی همچنین می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان پروتئین به‌کاررفته در آن‌ها می‌باشد به‌طوری که افزایش میزان پروتئین ممکن است همراه با بالارفتن جذب آب و در نتیجه بالارفتن میزان رطوبت آن‌ها شود. در زمینه کازئینی بافت پنیر، چربی و رطوبت به‌عنوان پرکننده عمل می‌کند. با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها، میزان رطوبت نمونه‌های پنیر به دلیل ویژگی‌های آبدوستی آن‌ها افزایش یافته است. این یافته‌ها با یافته‌های کوکا و متین که از جانشین‌های چربی مصنوعی استفاده کرده بود مطابقت داشت (Koca & Metin, 2004). می‌توان پیشنهاد داد که آب می‌تواند به‌طور مستقیم توسط هیدروکلوئیدها جذب شده و در نتیجه مانع از به هم نزدیک شدن شبکه پروتئینی شود. از این رو نیروهایی که از طرف شبکه پروتئینی باعث خروج آب از دلمه می‌شوند، کاهش پیدا می‌کند (Koca & Metin, 2004). از این‌رو نسبت رطوبت یک فاکتور مهم در تولید پنیر می‌باشد که با افزودن هیدروکلوئید، افزایش یافته است. این نتیجه با یافته‌های محققان دیگر (Madadlou *et al.*, 2005; Metzger *et al.*, 2001) مطابقت داشت. Romieh و همکاران (۲۰۰۲) نیز در پژوهش روی پنیر کم چرب آب نمکی به این نتیجه رسیدند که تفاوت رطوبت نمونه‌های پنیر احتمالا به علت بالابودن میزان پروتئین در پنیرهای کم چرب همراه با بالارفتن جذب آب در شبکه پروتئینی و بالتبع افزایش رطوبت آن‌ها می‌باشد. که نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر همخوانی دارد. نتایج این پژوهش همچنین نشان می‌دهد که نمونه‌های حاوی صمغ گوار نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ زانتان دارای محتوای رطوبت بالاتری هستند که این امر احتمالا به دلیل بالاتر بودن ظرفیت جذب آب صمغ گوار نسبت به صمغ زانتان می‌باشد (Dogan *et al.*, 2011).

در حین پنیرسازی، چربی شیر در زمینه کازئینی به دام می‌افتد (Rudan *et al.*, 1999). از آنجا که رطوبت جایگزین چربی موجود در پنیر می‌شود (Mistry, 2001)، ضمن افزایش رطوبت نمونه‌های پنیر، محتوی چربی کاهش می‌یابد. افزایش غلظت هیدروکلوئیدها باعث کاهش چربی نمونه می‌شود که دلیل آن جذب و حفظ بیشتر آب در پنیر به دلیل ویژگی آب دوست ترکیبات هیدروکلوئیدی می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود نمونه‌های حاوی گوار دارای محتوی چربی پایینتری نسبت به نمونه‌های محتوی صمغ زانتان بوده‌اند.

نتایج جدول ۱ نشان داد که افزایش غلظت هیدروکلوئیدها منجر به کاهش pH گردید این پدیده احتمالا به دلیل پروتئولیز تشدید شده در پنیرها در غلظت‌های مختلف هیدروکلوئید می‌باشد. زیرا همانطور که پیشتر بیان شد در این پنیرها رطوبت بالا رفته و با افزایش رطوبت غلظت کیموزین بالا می‌رود (Zalazar *et al.*, 2002). افزایش غلظت کیموزین باعث تشدید پروتئولیز و در نتیجه کاهش pH می‌شود. این نتیجه به یافته‌های آذرنیا و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت داشت.

در جدول ۱ نتایج مربوط به آنالیز رنگ پنیرهای مختلف آمده است. پخش نور در هر سیستمی به یکنواختی مولکول‌های آن سیستم (Madadlou *et al.*, 2006) و سطوح ریزساختار (Rudan *et al.*, 1998) بستگی دارد. در مواد جامد نظیر پنیر، نور از لایه‌های سطحی

عبور کرده و بخش اعظم آن توسط گلبول‌های چربی شیر (Lemay *et al*., 1994) و همچنین حفره‌های آب پنیری (Paulson *et al*., 1998) پخش می‌شود. L-value معیار ارزیابی رنگ بوده که بیانگر میزان سفیدی و شفافیت (Sheehan *et al*., 2005) نمونه‌های پنیر می‌باشد. در مقایسه‌ای که بین نمونه‌های پنیر تولیدی حاوی هیدروکلوئیدهای ریحان/ گوار و ریحان/ زانتان صورت گرفت، مشاهده شد که با افزایش غلظت هیدروکلوئید، میزان شفافیت و سفیدی افزایش پیداکرد که نشان‌دهنده تأثیر هیدروکلوئیدها در افزایش حفره‌های آب پنیری می‌باشد. در ضمن احتمالا می‌تواند تغییر هیدراسیون پروتئین‌ها و همچنین افزایش تعداد قطرات آب آزاد نیز در افزایش پخش نور و سفیدی پنیر تأثیر بگذارد. همچنین نتایج نشان‌دهنده شفافیت بیشتر نمونه‌های حاوی صمغ زانتان نسبت به نمونه‌های صمغ گوار است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر و نمونه‌های پنیر تولیدی

نام نمونه	نوع هیدروکلوئید	غلظت هیدروکلوئید (g/kg)	رطوبت (٪)	پروتئین کل (٪)	چربی (٪)	pH	L*
شیر خام	–	–	۹۱/۲۵	۳/۲۰	۱/۵۰	۶/۶۸	-
پنیر شاهد	–	صفر	۶۱/۱۲	۱۴/۴۹	۱/۵۰	۵/۳۶	۸۶/۳۶
BG0.25	ریحان/گوار	۰/۲۵	۶۶/۵۴	۱۳/۹۴	۱/۳۱	۴/۸۱	۸۶/۴۰
BG0.50		۰/۵۰	۶۹/۸۶	۱۴/۱۰	۱/۲۵	۴/۷۹	۸۶/۴۱
BG0.75		۰/۷۵	۷۱/۳۴	۱۴/۷۶	۱/۱۷	۴/۶۵	۸۷/۷۱
BX0.25	ریحان/زانتان	۰/۲۵	۶۵/۱۴	۱۴/۱۲	۱/۳۸	۴/۷۸	۸۵/۲۶
BX0.50		۰/۵۰	۶۸/۰۹	۱۴/۳۲	۱/۲۹	۴/۷۰	۸۶/۷۳
BX0.75		۰/۷۵	۶۹/۱۸	۱۵/۴۵	۱/۲۳	۴/۶۲	۸۹/۲۶

بافت‌سنجی نمونه‌های پنیر

آنالیز بافتی برای تعیین میزان نیروی مصرفی که مستقیما توسط مصرف‌کننده احساس می‌شود به‌کار می رود. بافت محصول مهم‌ترین پارامتر برای پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده است (Sohini *et al*., 2015). نتایج آزمون بافت‌سنجی پنیر تولیدی با هیدروکلوئیدهای غذایی در جدول ۲ ارائه شده است. سختی، مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری به‌کارگرفته شده است (Szczesniak, 2002). مقایسه نمونه‌های حاوی ریحان/ زانتان با نمونه‌های حاوی ریحان/ گوار نشان می‌دهد که نمونه‌های حاوی زانتان سختی بیشتری دارند که احتمالا موید این مطلب است که این هیدروکلوئیدها دارای تاثیر بیشتری نسبت به مخلوط حاوی گوار در استحکام ژل پنیر تولیدی است و تاثیر گوار صرفا قوام‌دهندگی در نقاط غلظتی تولیدی است. با توجه به جدول ۲ می‌توان فهمید که با افزایش غلظت ریحان/ زانتان افزوده شده به پنیر (از ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۷۵ درصد) میزان سختی از ۲۶۰/۹۶ به ۳۶۴/۲۳ افزایش داشته است. همچنین، در تمام غلظت‌های هیدروکلوئیدی حاوی صمغ گوار نیز با افزایش غلظت گوار سختی افزایش داشته است اما نسبت به نمونه‌های حاوی زانتان مقادیر کمتری مشاهده شد. همانطور که گفته شد، با افزایش غلظت هیدروکلوئیدهای تولید شده به پنیر سفتی بافت نمونه ها در تمام تیمارها افزایش یافت. همچنین می‌توان این گونه بیان کرد که در نمونه های حاوی زانتان به دلیل برهمکنش‌های قوی تری که بین دو هیدروکلوئید زانتان و ریحان وجود دارد، سختی نمونه‌های با غلظت ثابت هیدروکلوئید به‌طور معنی‌داری بیشتر می باشد. حجت الاسلامی و عزیزی (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که سفتی بافت ایجادشده در کیک در حضور دو صمغ کتیرا و زانتان نسبت به استفاده از هریک به تنهایی بیشتر است.

در بررسی فنریت نمونه‌ها نیز در تمامی آن‌ها مقدار مدول بالا و بین ۰/۹۹ تا ۱ متغیر بود که نشان‌دهنده رفتار برگشت‌پذیر خوب نمونه‌ها و مطلوبیت آن می‌باشد. استفاده از هیدروکلوئیدها در فرمول، بافتی ویسکوالاستیک ایجاد می کند که منجر به فنریت بالا و مطلوب در محصولات می گردد (Hamann *et al*., 2006). در نمونه‌های حاوی صمغ زانتان، این ویژگی از همکاری دو صمغ زانتان/ ریحان حاصل می‌آید. زانتان تعاملات هم‌افزایی بسیار چشمگیری با پلی‌ساکاریدهای غیرژل‌دهنده خانواده گالاکتومانان‌ها نشان می‌دهد که منجر به افزایش ویسکوزیته و تشکیل ژل می‌شود. زانتان خاصیت سینرژیستی با این گروه از صمغ‌ها نظیر کتیرا دارد (Saha, Bhattacharya, 2010). وقتی که سطوح بالای صمغ در محصولات استفاده می شود، صمغ ها به شدت بر خصوصیات بافتی تاثیر می‌گذارند (Sohini *et al*., 2015). در این پژوهش نتایج نشان داد که در سیستم‌های حاوی زانتان، با افزودن غلظت صمغ سختی شبکه

افزایش می‌یابد. البته برای بررسی تاثیر هم‌افزایی صمغ زانتان و ریحان نیاز به پژوهش‌های بیشتری جهت درک این اثر سینرژیستی دارد. همچنین حسینی پرور و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که زنجیره‌های صمغ دانه ریحان می‌توانند شبکه ای در سراسر ماتریس پروتئین مواد غذایی ایجاد کنند که با استفاده از آن قدرت ساختار مواد غذایی بهبود می‌یابد. افشارنیک و همکاران (۲۰۱۱) همچنین گزارش دادند که افزودن صمغ دانه ریحان می‌تواند یک شبکه ژل‌مانند را در سیستم‌های پروتئین تشکیل دهد و به همین ترتیب می‌تواند منجر به ساختار محکم‌تر محصول تولیدی شود.

سختی شاخصی از استحکام ژل است در حالی که چسبندگی نشان‌دهنده استحکام یا ضعف پیوند داخلی ژل‌ها است (Razi *et al.*, 2018). چسبندگی کار لازم برای غلبه بر نیروی کششی ما بین سطح ماده غذایی و مواد دیگر که با غذا در تماس هستند، می‌باشد (Szczesniak,2002). ماهیت صمغ گوار به‌دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل، آبگیری فراوان از محیط پیرامونی و داشتن چسبندگی با سطوح مرتبط با آن است که این امر درمورد پنیر تولید شده کاملا مشهود بوده و با افزایش غلظت گوار در حضور صمغ دانه ریحان، چسبندگی پنیر تولیدی افزایش می‌یابد (Turk, 2000). مشابه همین پدیده و افزایش چسبندگی در مورد زانتان نیز مشاهده شد اما مقادیر مشاهده شده برای صمغ زانتان کمتر از مقادیر مشاهده شده برای مخلوط حاوی صمغ گوار بود.

فاکتور دیگر پیوستگی است که به دیگر پارامتر های TPA همبسته نیست و ظاهرا مستقل است (Drake *et al.*, 1999; Nateghi *et al.*, 2012) و سختی پیوندهای داخلی را نشان می‌دهد. این فاکتور بالاترین میزان را در نمونه حاوی ۰/۰۷۵ درصد ریحان/ زانتان (۰/۴۸) نشان داد. پیوستگی مقاومت درونی ساختار ماده غذایی است و میزان آن به برهم کنش‌های درون مولکولی اجزا فرمول بستگی دارد و از نگاهی دیگر میزانی که یک ماده می‌تواند تغییر شکل پیدا کند بدون اینکه بشکند (Szczesniak, 2002). تاثیر افزودن زانتان بر پیوستگی بافت ژل تولیدی کاملا محسوس و مثبت می‌باشد. مقادیر پیوستگی برای نمونه‌های حاوی هیدروکلوئید ریحان/ زانتان نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر بدست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد که نمونه حاوی مخلوط ریحان/ زانتان باعث تشکیل نمونه‌های با مقاومت خوبی شده است. اما استفاده از گوار به دلیل ویژگی‌های قوام‌دهندگی خاص آن تأثیر کمتری بر پیوستگی بافت داشته و احتمالا بیشتر موجب نگهداری آب در ساختار شده است.

فاکتور مهم بعدی حالت صمغی می‌باشد که از ضرب دو فاکتور سختی و پیوستگی به‌دست می‌آید (Drake *et al.*, 1999) و برای مواد غذایی نیمه‌جامد به‌کار می‌رود (Nateghi *et al.*, 2012). صمغیت نمونه حاوی ۰/۰۷۵ درصد ریحان/ زانتان ۱۷۴/۸۳ است که این فاکتور اختلاف معناداری با سایر نمونه‌ها دارد ($p<0.05$). نتایج سایر پژوهشگران نشان می‌دهد که صمغ زانتان، تاثیر مطلوبی بر سختی، قابلیت جویدن و حالت صمغی پنیر فتای UF داشته است (Rashidi *et al.*, 2015). مطابق با پژوهش Sohini و همکاران (۲۰۱۵) افزودن زانتان به تنهایی در غذای تخمیری حاوی کاکائو، سختی را افزایش می‌دهد. Morris و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کردند که برهمکنش‌های هم‌افزایی بین گالاکتومانان‌ها با زانتان، به علت افزایش باندهای بین مولکولی نسبت به ناسازگاری مولکولی آنها می‌باشد. با کاهش مقدار گالاکتوز گالاکتومانان‌ها و نیز الگوی توزیع گالاکتوز بر زنجیره اصلی، توانایی آن‌ها در برهمکنش هم‌افزایی با سایر پلیمرها بهبود می‌یابد.

جدول ۲- بررسی ویژگی‌های بافتی نمونه های مختلف پنیر

نمونه	غلظت (درصد)	سختی (g)	پیوستگی	چسبندگی (g.mm)	فنریت (mm)	صمغیت (g)
شاهد	–	۳۵۰/۳۲±۱/۹۰ b	۰/۴۶±۰/۰۱ a	۶/۴۸±۰/۸۰ cd	۱ a	۱۶۱/۱۴±۱/۳۰ b
ریحان/ گوار	۰/۰۲۵	۱۹۸/۸۵±۱/۴۵ e	۰/۳۴±۰/۰۲ d	–۶/۹۵±۰/۷۴ bc	۰/۹۹ a	۶۷/۶۰±۱/۶۱ f
	۰/۰۵۰	۲۸۸/۲۶±۱/۷۴ c	۰/۳۹±۰/۰۲ c	–۸/۱۳±۰/۷۴ b	۱ a	۱۱۲/۴۲±۱/۴۱ d
	۰/۰۷۵	۳۶۱/۵۵±۱/۲۰ a	۰/۴۱±۰/۰۱ bc	–۱۲/۰۵±۰/۳۴ a	۰/۹۹ a	۱۴۸/۳۷±۳/۵۰ c
ریحان/ زانتان	۰/۰۲۵	۲۶۰/۹۶±۰/۹۹ d	۰/۳۲±۰/۰۲ d	–۵/۲۲±۰/۱۵ d	۰/۹۹ a	۸۳/۵۰±۱/۶۰ e
	۰/۰۵۰	۳۵۲/۹۳±۱/۶۳ b	۰/۴۴±۰/۰۲ ab	–۶/۰۰±۰/۴۵ cd	۰/۹۹ a	۱۵۵/۲۸±۳/۱۰ b
	۰/۰۷۵	۳۶۴/۲۳±۰/۷۰ a	۰/۴۸±۰/۰۲ a	–۷/۲۰±۰/۴۷ bc	۰/۹۹ a	۱۷۴/۸۳±۱/۸۲ a

ارزیابی حسی

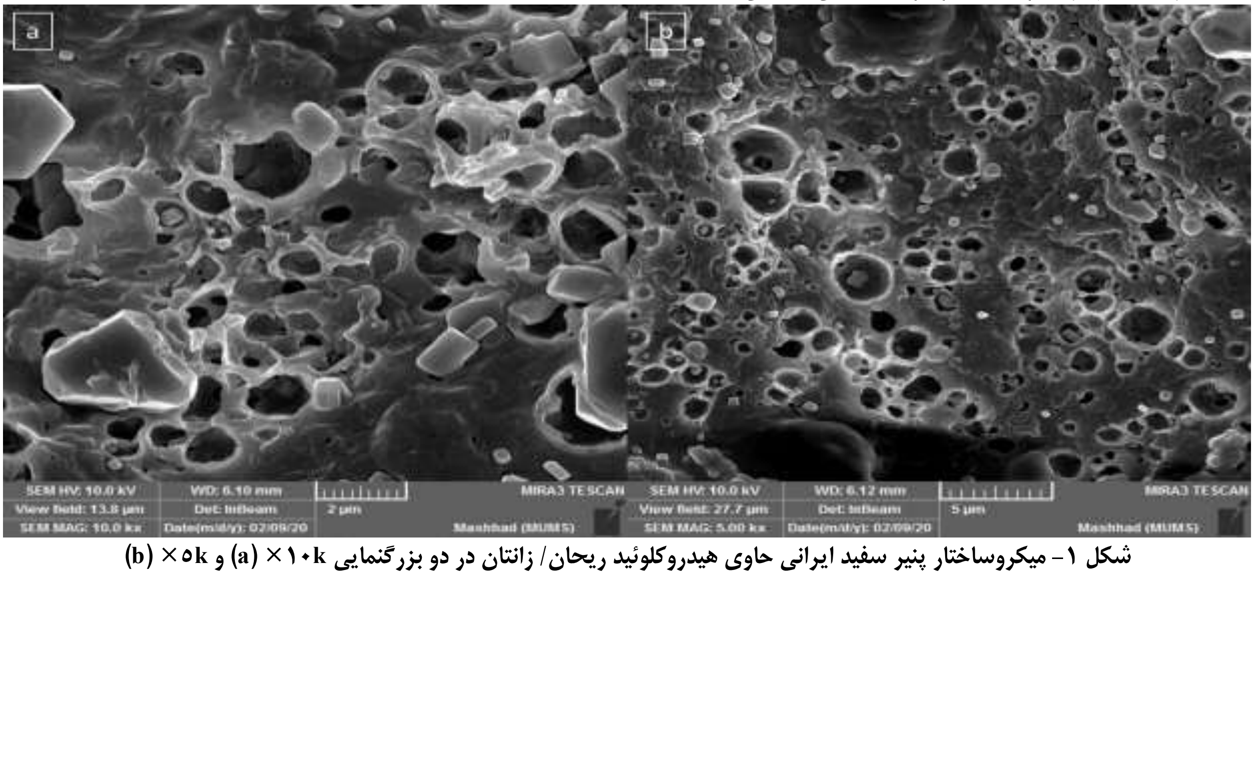
طبق یافته‌های جدول ۳، با مقایسه و بررسی ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف پنیر حاوی ریحان- زانتان و ریحان- گوار در مقیاس هدونیک پنج نقطه‌ای، مشخص شد که فرمول حاوی صمغ ریحان- زانتان در غلظت ۰/۰۷۵ درصد از بیشترین میزان پذیرش کلی برخوردار بوده و پس از آن فرمول حاوی ریحان- زانتان در غلظت ۰/۰۵۰ درصد قرار دارد. نمونه‌های پنیر حاوی صمغ گوار احتمالا به دلیل میزان رطوبت بالا، نتایج ارزیابی حسی پایینی داشتند و نامطلوب گزارش شدند. از لحاظ طعم نیز نمونه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. با توجه به نتایج آنالیز بافت و ارزیابی حسی نمونه های مختلف پنیر حاوی هیدروکلوئید، فرمول حاوی ریحان- زانتان در غلظت ۰/۰۷۵ درصد، به دلیل داشتن بالاترین امتیاز ارزیابی حسی و ویژگی‌های مطلوب بافتی، به‌عنوان نمونه مطلوب انتخاب شد.

جدول ۳- ویژگی‌های حسی نمونه‌های مختلف پنیر حاوی هیدروکلوئید.

نمونه	غلظت (درصد)	عطر و طعم	بافت	رنگ	پذیرش کلی
شاهد	–	۳/۶±۰/۲ ^{a}	۴/۰±۰/۴^{a}	۴/۶±۰/۴^{a}	۴/۴±۰/۳^{a}
ریحان/زانتان	۰/۰۲۵	۳/۶±۰/۷ ^{a}	۳/۱±۰/۵^{ab}	۴/۶±۰/۴^{a}	۳/۳±۰/۵^{ab}
	۰/۰۵	۳/۷±۰/۳ ^{a}	۳/۴±۰/۴^{a}	۴/۴±۰/۶^{a}	۳/۹±۰/۴^{ab}
	۰/۰۷۵	۳/۶±۰/۵ ^{a}	۴/۳±۰/۶^{a}	۴/۳±۰/۵^{a}	۴/۳±۰/۵^{a}
ریحان/گوار	۰/۰۲۵	۳/۷±۰/۴ ^{a}	۱/۶±۰/۴^{c}	۴/۴±۰/۵^{a}	۲/۵±۰/۶^{b}
	۰/۰۵	۳/۶±۰/۵ ^{a}	۲/۰±۰/۴^{bc}	۴/۶±۰/۳^{a}	۳/۷±۰/۸^{ab}
	۰/۰۷۵	۳/۴±۰/۶ ^{a}	۳/۰±۰/۶^{ab}	۴/۳±۰/۷^{a}	۳/۵±۰/۴^{ab}

اندازه‌گیری ویژگی‌های ساختمانی (SEM)

استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) توانست کمک شایان برای کسب اطلاعات دقیق‌تردر مورد ساختارهای شبکه‌ای پروتئین‌ها و ترکیبات سازنده آن در اختیار محققان قرار دهد. هر نوع پنیر دارای ساختار ویژه‌ای بوده که نشان‌دهنده تأثیر حضور هیدروکلوئید ریحان/ زانتان یا مواد دیگر در ساختار آن می‌باشد. در شکل ۱ ریزساختار پنیر حاوی هیدروکلوئید ریحان/ زانتان محل سرم‌های آب پنیری را نشان می‌دهد. هنگامی که هیدروکلوئید به ساختار پنیر افزوده می‌شود، ماتریکس پروتئین بازتر شده است. این احتمالا به این دلیل است که با افزودن هیدروکلوئید به پنیر، رطوبت آن نیز بیشتر شده و بنابراین ماتریس بازتری ایجاد خواهد شد (شکل ۱).



شکل ۱- میکروساختار پنیر سفید ایرانی حاوی هیدروکلوئید ریحان/ زانتان در دو بزرگنمایی ۱۰k× (a) و ۵k× (b)

با توجه به تعادل بین آب خارج شده و نمک جذب شده در پنیر تولیدی، یک شبکه نسبتاً یکنواخت کازئین در آن‌ها مشاهده شد. شبکه کازئین، تعداد، و شکل منافذ تحت تأثیر هیدروکلوئید ریحان/ زانتان قرار گرفتند. در طول تولید پنیر، وقتی هیدروکلوئید به شیر پنیرسازی اضافه شد، با جذب آب هیدراته می‌شود و بنابراین، پنیر تولیدی حاوی مقداری هیدروکلوئید هیدراته شده است. هنگامی که نمونه‌ها برای آنالیز SEM آماده شدند، رطوبت از آن‌ها جدا شد. بنابراین، اثر هیدروکلوئیدهای هیدراته به‌صورت حفره‌هایی مشاهده می‌شود (شکل ۱). همچنین در میکروگراف می‌توان مشاهده کرد که، ریحان و زانتان بین خوشه‌های ذرات پروتئینی در نمونه ارتباط ایجاد کرده و ساختارهای نامنظم رشته‌ای و پروتئین‌های کروی پنیر از طریق فیبریل‌های نازک در ارتباط هستند. در میکروگراف قابل شهود است که شبکه جدیدی بین آنها تشکیل شده است. این ساختار جدید فضای کافی برای به دام انداختن آب و تشکیل یک ژل مناسب را دارد (Zhang and Huang, 2014). در مورد هیدروکلوئیدهایی همچون ژل‌های ژلاتینی و سیستم‌های ترکیبی بتالاکتوگلوبولین و صمغ ریحان ساختارهای مشابه گزارش شده است (Rafe *et al*., 2013; Van den Berg *et al*., 2007).

نتیجه‌گیری

به جهت آنکه تقاضای مصرف کننده‌ها برای استفاده از ترکیبات طبیعی و با سازگاری زیستی روز به روز رونق بیشتری می‌یابد، کاربرد هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی به شدت رو به افزایش است. قطعا انسان‌ها با اطمینان به یک فرآورده سالم و حاصل از منابع طبیعی، که واجد فواید بسیاری است، میل و رغبت بیشتری نسبت به مصرف سایر محصولات غذایی خواهند داشت که ممکن است ترکیبات غیرطبیعی در آن استفاده شده است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هیدروکلوئیدها بستگی به نوع ترکیبات، وزن مولکولی و ساختار شیمیایی آن دارد. اثر استفاده از مخلوط هیدروکلوئیدهای صمغ ریحان/ زانتان و ریحان/ گوار بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پنیر سفید ایرانی مورد بررسی قرارگرفت. صمغ گوار تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های بافتی و حسی نمونه‌ها داشت به این صورت که ارزیابان حسی امتیاز پایینی برای آن در نظر گرفتند. نمونه‌های پنیری که حاوی هیدروکلوئیدهای ریحان-زانتان در غلظت ۰/۰۷۵ درصد بودند دارای ویژگی‌های بافتی و حسی مناسب بودند. در این نمونه علاوه بر حفظ ویژگی‌های کیفی، میزان سفیدی پنیر نیز حفظ شد. پارامترهای حسی نمونه پنیر حاوی هیدروکلوئیدهای ریحان-زانتان در غلظت ۰/۰۷۵ درصد کاملا قابل رقابت با نمونه شاهد بود و ویژگی‌های بافتی مشابهی داشت. نتایج این پژوهش به‌خوبی بیان می‌کنند که این مخلوط هیدروکلوئیدی می‌تواند تاحدی جایگزین بهبوددهنده‌های تجاری موجود در بازار باشد و ارزش افزوده بالایی در صنایع داخلی و حتی خارجی ایجاد نماید.

تشکر و قدردانی

این طرح پژوهشی با کد ۲۳۰۹۲۰۱۲ مصوب موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، با حمایت های مالی شرکت فرآورده‌های لبنی بینالود نیشابور به انجام رسیده است. بدین وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از شرکت فرآورده‌های لبنی بینالود نیشابور صمیمانه قدردانی نمایند.

منابع

Afshar Nik, A., Amiri, Z. R., & Hosseini-Parvar, S. H. (2011). The Effect of Basil Seed Gum as a Fat Replacer on Physico-Chemical, Micro Structural and Sensory Properties of Low-Fat Set Yogurt. *Electronic J. Food Preserv. Process.(EJFPP)*, *3*, 23-42.

Aghdaei, S. A., Aelami, M., Jafari, S. M., & Mahoonak, A. S. (2011). Physicochemical and rheological properties of beta-glucan extracted from hull-less barlay. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, *6*(4), 286-297.

Azarnia, S., Ehsani, M. R., & Mirhadi, S. A. (1997). Evaluation of the physico-chemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. *International Dairy Journal*, *7*(6-7), 473-478.

Baghdadi, F., Aminifar, M., Farhoodi, M., & Shojaee Ali Abadi, S. (2018). Study of macromolecular interactions in low-fat brined cheese modified with Zedu gum. *International journal of dairy technology*, *71*(2), 382-394.

Dogan, M., Toker, O. S., & Goksel, M. (2011). Rheological behaviour of instant hot chocolate beverage: Part 1. Optimization of the effect of different starches and gums. *Food Biophysics*, *6*(4), 512-518.

Drake, M. A., Truong, V. D., & Daubert, C. R. (1999). Rheological and sensory properties of reduced-fat processed cheeses containing lecithin. *Journal of food science*, *64*(4), 744-747.

Ghanbari Shendi, A., Khosro-Shahi Asl, A., Mortazavi, A., & Tavakoli-Pur, H. (2011). The effect of xanthan gum on textural and rheological properties of low-fat Iranian white cheese. *Journal of Food Sciences and Industries*, *33*(1), 35-46.

Hamann, D. D., Zhang, J., Daubert, C. R., Foegeding, E. A., & Diehl Jr, K. C. (2006). Analysis of compression, tension and torsion for testing food gel fracture properties. *Journal of Texture Studies*, *37*(6), 620-639.

Hesarinejad, M. A., Rafe, A., Sadeghian, A., & Sarabi Jamab, M. (2020). Fabrication of elastic gel systems of Ricotta cheese containing some hydrocolloids in stuffed olive. *Food Science and Technology*, *17*(101), 81-91.
Hojjatoleslami, M., & Azizi, M. H. (2015). Impact of tragacanth and xanthan gums on the physical and textural characteristics of gluten-free cake. *Nutrition and Food Sciences Research*, *2*(2), 29-37.
Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., & Golding, M. (2015). Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Food Hydrocolloids*, *43*, 557-567.
Koca, N., & Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International dairy journal*, *14*(4), 365-373.
Lemay, A., Paquin, P., & Lacroix, C. (1994). Influence of microfluidization of milk on Cheddar cheese composition, color, texture, and yield. *Journal of Dairy Science*, *77*(10), 2870-2879.
Madadlou, A., Khosroshahi, A., & Mousavi, M. E. (2005). Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian white cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, *88*(9), 3052-3062.
Madadlou, A., Khosroshahi, A., Mousavi, S. M., & Djome, Z. E. (2006). Microstructure and rheological properties of Iranian white cheese coagulated at various temperatures. *Journal of Dairy Science*, *89*(7), 2359-2364.
Metzger, L. E., Barbano, D. M., Kindstedt, P. S., & Guo, M. R. (2001). Effect of milk preacidification on low fat Mozzarella cheese: II. Chemical and functional properties during storage. *Journal of Dairy Science*, *84*(6), 1348-1356.
Mistry, V. V. (2001). Low fat cheese technology. *International dairy journal*, *11*(4-7), 413-422.
Morris, E. R., Rees, D. A., Robinson, G., & Young, G. A. (1980). Competitive inhibition of interchain interactions in polysaccharide systems. *Journal of molecular biology*, *138*(2), 363-374.
Morris, E. R. (1990). Mixed polymer gels. In *Food gels* (pp. 291-359). Springer, Dordrecht.
Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Rahmani, A., Tajabadi, N., Meimandipour, A, & Manap, M. Y. A. (2012). Physicochemical and textural properties of reduced fat Cheddar cheese formulated with xanthan gum and/or sodium caseinate as fat replacers. *J. Food Agr. Environ*, *10*, 59-63.
Nattaghi, L. (2020). Influence of basil and xanthan gum on physicochemical and tissue properties of Iranian low-fat white cheese. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, *12*(1), 27-45.
National Standard 760: 1349, Determination of fat content of the cheese and the cheese has melted.
National Standard 2852: 1385, milk and its products - Determination of acidity and pH-test.
National Standard 9188-1: 1394, the amount of protein in cheese is melted.
National Standard 1753: 1381, Cheese and processed cheese - Determination of dry matter content (Reference method)
Paulson, B. M., Mcmahon, D. J., & Oberg, C. J. (1998). Influence of sodium chloride on appearance, functionality, and protein arrangements in nonfat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, *81*(8), 2053-2064.
Rafe, A., Razavi, S. M., & Farhoosh, R. (2013). Rheology and microstructure of basil seed gum and β-lactoglobulin mixed gels. *Food Hydrocolloids*, *30*(1), 134-142.
Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. (2007). Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of dairy science*, *90*(9), 4058-4070.
Rashidi, H., Mazaheri-Tehrani, M., Razavi, S. M. A., & Ghods-Rohany, M. (2015). Improving Textural and Sensory Characteristics of L ow-Fat UF Feta Cheese Made with Fat Replacers. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17 (1), 121-132.
Razavi, S. M., Mortazavi, S. A., Matia‐Merino, L., Hosseini‐Parvar, S. H., Motamedzadegan, A., & Khanipour, E. (2009). Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *International journal of food Science & Technology*, *44*(9), 1755-1762.
Razi, S. M., Motamedzadegan, A., Shahidi, A., & Rashidinejad, A. (2018). The effect of basil seed gum (BSG) on the rheological and physicochemical properties of heat-induced egg albumin gels. *Food Hydrocolloids*, *82*, 268-277.
Romeih, E. A., Michaelidou, A., Biliaderis, C. G., & Zerfiridis, G. K. (2002). Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *International Dairy Journal*, *12*(6), 525-540.
Rudan, M. A., Barbano, D. M., & Kindstedt, P. S. (1998). Effect of fat replacer (Salatrim) on chemical composition, proteolysis, functionality, appearance, and yield of reduced fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, *81*(8), 2077-2088.
Rudan, M. A., Barbano, D. M., Yun, J. J., & Kindstedt, P. S. (1999). Effect of Fat Reduction on Chemical Composition, Proteolysis, Functionality, and Yield of Mozzarella Cheese1. *Journal of dairy science*, *82*(4), 661-672.
Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of food science and technology*, *47*(6), 587-597.
Salari, S., Zanganeh, M., Fadavi, A., & Ahmadi, Z. (2017). Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose on chemical and sensory properties of cream cheese. *International Journal of Advancements in Technology*, *8*(1), 175-180.

Sattar, M. U., Sameen, A., Huma, N., & Shahid, M. (2016). Fat Mimetic Impact of Xanthan Gum on the Quality Attributes of Low Fat Mozzarella Cheese. *Transylvanian Review*, (1).

Sheehan, J. J., Huppertz, T., Hayes, M. G., Kelly, A. L., Beresford, T. P., & Guinee, T. P. (2005). High pressure treatment of reduced-fat Mozzarella cheese: Effects on functional and rheological properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *6*(1), 73-81.

Sohini, R., Utpal, R., & Runu, C. (2015). Effect of hydrocolloid (xanthan gum) and storage time on overall quality of cocoa incorporated fermented food. *Int. Res. J. Biol. Sci*, *4*(5), 7-14.

Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food quality and preference*, *13*(4), 215-225.

Turk, S. Š., & Schneider, R. (2000). Printing properties of a high substituted guar gum and its mixture with alginate. *Dyes and Pigments*, *47*(3), 269-275.

Van den Berg, L., Van Vliet, T., Van der Linden, E., Van Boekel, M. A. J. S., & Van de Velde, F. (2007). Breakdown properties and sensory perception of whey proteins/ polysaccharide mixed gels as a function of microstructure. *Food Hydrocolloids*, *21*(5-6), 961-976.

Volikakis, P., Biliaderis, C. G., Vamvakas, C., & Zerfiridis, G. K. (2004). Effects of a commercial oat-β-glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food research international*, *37*(1), 83-94.

Wielinga, W. C. 2000. Galactomannans. In Phillips, G. O. and Williams, P. A. (Eds), Handbook of Hydrocolloids. Chapter 8. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited.

Zalazar, C. A., Zalazar, C. S., Bernal, S., Bertola, N., Bevilacqua, A., & Zaritzky, N. (2002). Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. *International Dairy Journal*, *12*(1), 45-50.

Zhang, Y. H., & Huang, L. H. (2014). Effect of heat-induced formation of rice bran protein fibrils on morphological structure and physicochemical properties in solutions and gels. *Food Science and Biotechnology*, *23*(5), 1417-1423.

Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 583-593

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۵۹۳-۵۸۳

Investigating the qualitative, textural and sensory characteristics of low fat Iranian white cheese containing a mixture of basil seed gum with xanthan or guar

M. A. Hesarinejad[1*], A. Arefkhani[2], A. Rafe[3], F. Javidi[4], A. R. Sadeghian[1]

Received: 2020.06.22
Accepted: 2020.10.07

Introduction: Improving the texture and sensory properties of Iranian white cheese by reducing fat content is one of the most important issues that are considered both technologically and economically. Meanwhile, controlling the amount of water absorption in cheese usually causes textural problems in cheese, including the softness of the cheese texture. Therefore, this problem will be solved if the amount of water absorption in the cheese can be controlled in such a way that the resulting cheese texture does not change and even its quality improves. Currently, the demand for the use of compounds or methods to achieve this goal is increasing. Hydrocolloids are compounds that, due to their inherent nature in absorbing water and creating a mouth-feel like fat, can have a special effect on fat replacement. Therefore, creating a suitable formula in the composition of hydrocolloids can complement the qualitative improvement of cheese texture. Basil seed gum (BSG) is a native hydrocolloid that has shown good stability and emulsifier properties, making it a potential functional ingredient in the food industry. Xanthan gum (XG) is also used in food as a thickener and stabilizer, and also can acts as a gelling agent along with other gums. In this study, by creating a suitable formulation in the use of these hydrocolloids, an attempt is made to improve the texture and sensory properties of cheese.

Materials and methods: The effect of different concentrations of mixed-hydrocolloids based on XG/BSG, and Guar gum (GG)/BSG on the textural attributes of Iranian white cheese was investigated. Four cheese treatments (without hydrocolloids or with 0.25, 0.5, or 0.75 g/kg of milk) were produced to study the effects of hydrocolloid content on the textural properties of the product. Cheese samples were analyzed with respect to physicochemical, color, sensory characteristics, textural properties, and microstructure.

Results and discussion: The results showed that the higher concentration of hydrocolloids from 0 to 0.075% used, the higher the increasein the moisture content of cheese samples. The results also showed that samples containing GG had higher moisture content than samples containing XG, which is probably due to the higher water absorption capacity of GG than XG. Increasing the concentration of hydrocolloids reduces the fat in the sample, which is due to the absorption and retention of more water in the cheese due to the hydrophilic properties of hydrocolloids. Samples containing GG had a lower fat content than samples containing XG. As the concentration of hydrocolloids increased, lightness increased, indicating the effect of hydrocolloids on the increase in whey cavities. The results also showed more lightness of XG samples than GG samples. Samples containing XG were more rigid, possibly confirming that this hydrocolloid has a greater effect than a mixture containing GG in the strength of the cheese and the effect of the GG is merely thickenning. With the increase in the concentration of BSG/XG (from 0.025 to 0.075%), the hardness increased from 260.96 to 364.23 g. The springiness of all samples also ranged from 0.99 to 1 mm, indicating good reversible behavior. It was found that the formula containing BSG/XG at a concentration of 0.50% had the highest overall acceptance after the sample containing BSG/XG at a concentration of 0.075%. Samples containing gum had low sensory evaluation results, possibly due to high moisture content, and were reported to be undesirable. In terms of taste, the samples did not differ significantly from each other. According to the results of textural analysis and sensory evaluation, the formula containing BSG/XG at 0.075% concentration, due to having the highest score of sensory evaluation and desirable textural characteristics, was selected as the optimal sample. In the microstructure of the desired cheese sample, the location of the whey serum has been determined. By adding hydrocolloid to the cheese, the protein matrix opens. When the sample was prepared for SEM analysis, the moisture was removed. Therefore, the effect of hydrated hydrocolloid was observed in the form of cavities. This structure has enough space to trap water and form a suitable gel.

Keywords: Iranian white cheese; Basil seed gum; Xanthan; Guar; Quality characteristics.

1 and 3. Assistant Professor and Associate Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran
2. Quality Control Manager, Binalood Dairy Company, 21th km Neyshabour-Mashhad road, Neyshabour, Iran
4. PhD, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran
(*Corresponding Author Email: ma.hesarinejad@gmail.com)